

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-159680

(43)Date of publication of application : 20.06.1997

(51)Int.Cl.

G01N 37/00

G01B 21/30

(21)Application number : 07-344501

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 05.12.1995

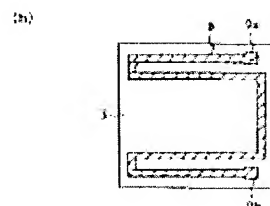
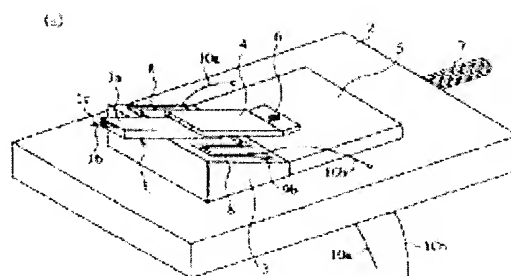
(72)Inventor : UCHIDA TADASHI

(54) CANTILEVER HOLDER, HEATING DEVICE USING IT, AND HEATING/ SHAPE MEASURING INSTRUMENT USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To locally heat the small region in atom and molecule order of a sample.

SOLUTION: By holding a support 1a of a cantilever 1 between a leaf spring 4 and the upper surface of a substrate 3, the cantilever 1 is retained. A metal pattern 8 as a heater is formed on the upper surface of the substrate 3. When current is fed to the pattern 8, the pattern 8 is heated and the heat is transferred to a probe 1c via the substrate 3, the support 1a of the cantilever 1, and a flexible plate 1b of the cantilever 1 and the tip of the probe 1c is heated. Then, the small region in atom or molecule order of the sample surface is locally heated via the tip of the probe 1c.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-159680

(43)公開日 平成9年(1997)6月20日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

### 技術表示箇所

G O I N 37/00

G O 1 N 37/00

F

G 0 1 B 21/30

G O 1 B 21/30

G

$$Z$$

審査請求 未請求 請求項の数8 FD (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平7-344501

(22) 出願日

平成7年(1995)12月5日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 打田 忠

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン本社内

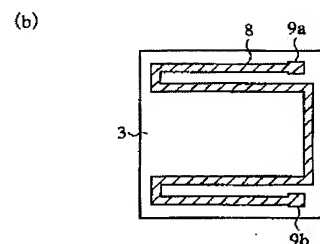
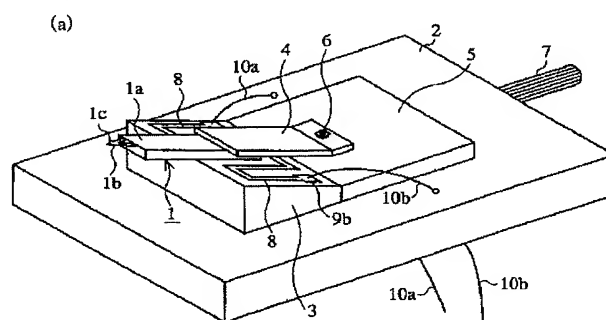
(74)代理人 弁理士 四宮 通

(54)【発明の名称】 カンチレバーホルダー及びこれを用いた加熱装置、並びにこれを用いた加熱・形状計測装置

(57) 【要約】

【目的】 試料の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱可能とする。

【構成】 カンチレバー 1 の支持体 1 a を板ばね 4 と基板 3 の上面との間に挟持することにより、カンチレバー 1 が保持される。基板 3 の上面には、ヒータとしての金属パターン 8 が形成されている。パターン 8 に電流を流すと、パターン 8 が発熱し、この熱が基板 3、カンチレバー 1 の支持体 1 a、カンチレバー 1 の可撓性プレート 1 b を介して探針 1 c に伝導され、探針 1 c の先端部が加熱される。探針 1 c の先端部を介して試料表面の原子、分子オーダーの微小領域が局所的に加熱される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 探針を有するカンチレバーを保持するカンチレバーホルダーにおいて、保持されたカンチレバーを加熱するヒータを備えたことを特徴とするカンチレバーホルダー。

【請求項 2】 支持台と、該支持台との間に前記カンチレバーを挟持する押さえ部材と、を備え、前記支持台又は前記押さえ部材に前記ヒータを形成したことを特徴とする請求項 1 記載のカンチレバーホルダー。

【請求項 3】 支持台と、前記カンチレバーに予め固定された支持板であって前記支持台に固定される支持板と、を備え、前記支持板に前記ヒータを形成したことを特徴とする請求項 1 記載のカンチレバーホルダー。

【請求項 4】 保持された前記カンチレバー以外の部分への、前記ヒータで発生した熱の伝導を軽減させる断熱材を更に備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のカンチレバーホルダー。

【請求項 5】 探針を有するカンチレバーと、該カンチレバーを保持する請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のカンチレバーホルダーと、前記ヒータを発熱させる発熱駆動手段と、試料表面と略平行な面の方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させるとともに、前記試料表面と略垂直な方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させる移動手段と、前記カンチレバーが撓んで前記探針が前記試料表面に押し付けられた状態において、前記試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は前記試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、前記発熱駆動手段及び前記移動手段を制御する制御手段と、を備えたことを特徴とする加熱装置。

【請求項 6】 探針を有するカンチレバーと、該カンチレバーを保持する請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のカンチレバーホルダーと、前記ヒータを発熱させる発熱駆動手段と、前記カンチレバーの撓みを検出する撓み検出手段と、試料表面と略平行な面の方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させるとともに、前記試料表面と略垂直な方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させる移動手段と、前記撓み検出手段からの検出信号に基づいて前記カンチレバーの撓みが一定になるように前記移動手段を制御しつつ、前記探針が前記試料表面の所望の点に相対するか又は前記試料表面の所望の領域の各点を順次走査するように前記移動手段を制御する手段と、前記試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は前記試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、前記発熱駆動手段を制御する手段と、を備えたことを特徴とする加熱装置。

【請求項 7】 探針を有するカンチレバーと、

該カンチレバーを保持する請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のカンチレバーホルダーと、前記ヒータを発熱させる発熱駆動手段と、前記カンチレバーを振動させる振動手段と、前記カンチレバーの振動状態を検出する振動検出手段と、

前記試料表面と略平行な面の方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させるとともに、前記試料表面と略垂直な方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させる移動手段と、

10 前記振動検出手段からの検出信号に基づいて前記カンチレバーの前記探針と前記試料表面との間に作用する原子間力が一定になるように前記移動手段を制御しつつ、前記探針が前記試料表面の所望の点に相対するか又は前記試料表面の所望の領域の各点を順次走査するように前記移動手段を制御する手段と、前記試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は前記試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、前記発熱駆動手段を制御する手段と、  
20 を備えたことを特徴とする加熱装置。

【請求項 8】 請求項 6 又は 7 記載の加熱装置と、前記試料表面と略平行な面の方向における前記探針の前記試料表面に対する相対位置に応じた、前記試料表面と略垂直な方向の前記探針の前記試料表面に対する相対位置に関する情報を得る手段と、を備えたことを特徴とする加熱・形状計測装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

30 【発明の属する技術分野】 本発明は、カンチレバーを用いて試料表面を加熱する加熱装置及びこれに用いられるカンチレバーホルダー、並びに、試料表面を加熱することができるのみならず試料表面の形状を計測することができる加熱・形状計測装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 試料を局所的に加熱しようとする場合、例えば、レーザー光を照射して試料を加熱することが考えられる。

40 【0003】 しかし、レーザー光スポットの大きさは、回折限界まで小さくしても、試料の原子、分子オーダーからみれば非常に大きいので、試料の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することはできない。

【0004】 なお、従来から、原子、分子オーダーの分解能で試料（物質）の表面の形状を計測する装置として、走査型原子間力顕微鏡が提供されている。走査型原子間力顕微鏡では、支持体と、該支持体に一端が支持された可撓性プレートと、該可撓性プレートの先端側領域に設けられた探針とを備えたカンチレバーが、プローブとして用いられている。

50 【0005】 ところで、走査型原子間力顕微鏡で観察される試料の処理の 1 つに試料加熱がある。試料加熱によ

り、温度変化が起こり、試料の特性が変化する。特に生物分野の生体高分子は活性状態の変化、有機物は相状態が変化する。このように、試料加熱をしたまま走査型原子間力顕微鏡で表面形状を観察することは様々な特性の変化をとらえられる可能性があり重要である。

【0006】しかし、従来の走査型原子間力顕微鏡では、試料表面の形状を測定することができるものの、試料を局所的に加熱することはできなかった。

【0007】また、走査型トンネル顕微鏡に関するものであるが、試料全体を加熱する方法が特開平 6-74880 号公報に開示されている。しかし、この方法では、試料全体を加熱することはできない、試料を局所的に加熱することはできない。

【0008】このように、従来は、試料を局所的に加熱する手段がなかった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、従来は、試料の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することができなかったもので、例えば、生物試料の分子レベルの領域の温度による性質の変化などを解明することができなかった。

【0010】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、試料の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することができる加熱装置及びこれに用いられるカンチレバーホルダーを提供することを目的とする。

【0011】また、本発明は、試料の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することができるとともに、原子、分子オーダーの分解能で試料表面の形状を測定することができる加熱・形状計測装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明の第 1 の態様によるカンチレバーホルダーは、探針を有するカンチレバーを保持するカンチレバーホルダーにおいて、保持されたカンチレバーを加熱するヒータを備えたものである。

【0013】本発明の第 2 の態様によるカンチレバーホルダーは、前記第 1 の態様によるカンチレバーホルダーにおいて、支持台と、該支持台との間に前記カンチレバーを挟持する押さえ部材と、を備え、前記支持台又は前記押さえ部材に前記ヒータを形成したものである。

【0014】本発明の第 3 の態様によるカンチレバーホルダーは、前記第 1 の態様によるカンチレバーホルダーにおいて、支持台と、前記カンチレバーに予め固定された支持板であって前記支持台に固定される支持板と、を備え、前記支持板に前記ヒータを形成したものである。

【0015】本発明の第 4 の態様によるカンチレバーホルダーは、前記第 1 乃至第 3 のいずれかに記載のカンチレバーホルダーにおいて、保持された前記カンチレバー以外の部分への、前記ヒータで発生した熱の伝導を軽減

させる断熱材を更に備えたものである。

【0016】本発明の第 5 の態様による加熱装置は、探針を有するカンチレバーと、該カンチレバーを保持する前記第 1 乃至第 4 の態様のいずれかの態様によるカンチレバーホルダーと、前記ヒータを発熱させる発熱駆動手段と、試料表面と略平行な面の方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させるとともに、前記試料表面と略垂直な方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させる移動手段と、前記カンチレバーが撓んで前記探針が前記試料表面に押し付けられた状態において、前記試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は前記試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、前記発熱駆動手段及び前記移動手段を制御する制御手段と、を備えたものである。

【0017】本発明の第 6 の態様による加熱装置は、探針を有するカンチレバーと、該カンチレバーを保持する前記第 1 乃至第 4 の態様のいずれかの態様によるカンチレバーホルダーと、前記ヒータを発熱させる発熱駆動手段と、前記カンチレバーの撓みを検出する撓み検出手段と、試料表面と略平行な面の方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させるとともに、前記試料表面と略垂直な方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させる移動手段と、前記撓み検出手段からの検出信号に基づいて前記カンチレバーの撓みが一定になるように前記移動手段を制御しつつ、前記探針が前記試料表面の所望の点に相対するか又は前記試料表面の所望の領域の各点を順次走査するように前記移動手段を制御する手段と、前記試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は前記試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、前記発熱駆動手段を制御する手段と、を備えたものである。

【0018】本発明の第 7 の態様による加熱装置は、探針を有するカンチレバーと、該カンチレバーを保持する前記第 1 乃至第 4 の態様のいずれかの態様によるカンチレバーホルダーと、前記ヒータを発熱させる発熱駆動手段と、前記カンチレバーを振動させる振動手段と、前記カンチレバーの振動状態を検出する振動検出手段と、前記試料表面と略平行な面の方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させるとともに、前記試料表面と略垂直な方向に前記探針を前記試料に対して相対的に移動させる移動手段と、前記振動検出手段からの検出信号に基づいて前記カンチレバーの前記探針と前記試料表面との間に作用する原子間力が一定になるように前記移動手段を制御しつつ、前記探針が前記試料表面の所望の点に相対するか又は前記試料表面の所望の領域の各点を順次走査するように前記移動手段を制御する手段と、前記試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は前記試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、前記発熱駆動手段を制御する手段と、を備えたものである。

【0019】本発明の第 8 の態様による加熱・形状計測

装置は、前記第 6 又は第 7 の態様による加熱装置と、前記試料表面と略平行な面の方向における前記探針の前記試料表面に対する相対位置に応じた、前記試料表面と略垂直な方向の前記探針の前記試料表面に対する相対位置に関する情報を得る手段と、を備えたものである。

【0020】前記第 1 乃至第 4 の態様によるカンチレバーホルダーによれば、当該カンチレバーホルダーにカンチレバーを保持させると、ヒータから発生した熱がカンチレバーの探針の先端部に伝導され、該先端部が加熱される。したがって、探針の先端部を試料表面に接触させるか又は微小間隔で近接させることによって、探針の先端部を介して試料表面を加熱することができる。このとき、カンチレバーとして走査型原子間力顕微鏡で採用されている探針の先端部が極めて先鋭に構成されたカンチレバーを用いることができるので、探針の先端部を介して試料表面の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することができる。また、走査型原子間力顕微鏡で採用されているカンチレバーをそのまま用いることもできるので、特別なカンチレバーを用意する必要がなく、コストの低減を図ることができる。

【0021】そして、前記第 1 乃至第 4 の態様によるカンチレバーによれば、片持ち梁構造が採用されているので、前記第 5 乃至第 7 の態様のようにカンチレバーの撓みを巧みに利用することによって、探針の先端部を試料表面に接触させるか又は微小間隔で近接させることができるのである。

【0022】前記第 1 の態様によるカンチレバーホルダーの具体的な構成は、特に限定されるものではなく、例えば、第 2 の態様のように支持台と押さえ部材との間にカンチレバーを挟持する構成を採用したり、前記第 3 の態様のように予めカンチレバーに固定された支持板を用いる構成を採用したりすることができる。前記第 3 の態様によるカンチレバーホルダーはいわばプリマウント型のホルダーであり、第 3 の態様によれば、カンチレバーの位置決めが容易となってカンチレバーの交換等を簡単に行うことができる。

【0023】前記第 4 の態様によるカンチレバーホルダーによれば、保持されたカンチレバー以外の部分への、ヒータで発生した熱の伝導が、断熱材により軽減されるので、ヒータで発生した熱が効率良くカンチレバーの探針の先端部に伝導され、試料表面を効率良く加熱することができる。また、このように不要な熱伝導が断熱材により軽減されるので、カンチレバーホルダーの不要な部分の加熱が軽減され、これによりカンチレバーホルダーの熱変形が軽減される。このため、カンチレバーホルダーの熱変形により引き起こされる意図しない探針の動きを防止することができる。

【0024】前記第 5 の態様による加熱装置では、カンチレバーが撓んで探針が試料表面に押し付けられた状態において、試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は

試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、制御手段により発熱駆動手段並びに移動手段が制御される。この場合、カンチレバーの撓みによって探針が試料表面へ押し付けられるので、探針が確実に試料表面に接触し、探針の先端部から試料表面への熱伝導が有効に行われる。また、試料の表面の所望の領域を加熱するべく探針を試料表面に対して走査した場合にも、カンチレバーの撓みによって探針が試料表面の凹凸に追従するので、探針が確実に試料表面に接触し、探針の先端部から試料表面への熱伝導が有効に行われる。

【0025】前記第 6 の態様による加熱装置では、カンチレバーの撓みが一定になるように移動手段が制御されつつ、探針が前記試料表面の所望の点に相対するか又は試料表面の所望の領域の各点を順次走査するように移動手段が制御される。また、試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、発熱駆動手段が制御される。したがって、走査型原子間力顕微鏡におけるいわゆるコンタクトモードと同様の探針の移動制御が実現されつつ、試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は試料表面の所望の領域の各点が順次加熱される。このため、試料表面の凹凸に追従して探針と試料表面との接触状態を一定に保つことができるので、試料表面の凹凸にかかわらず試料表面の加熱量を一定にすることができる。また、コンタクトモードと同様の探針の移動制御が実現されるので、前記第 8 の態様による加熱・形状計測装置のように、相対位置に関する情報を得ることによって、試料表面の加熱と同時に、加熱前に又は加熱後に試料表面の凹凸の形状データを得ることが可能となり、試料表面の加熱箇所を決めたり、試料を観察したりする上で好ましい。

【0026】前記第 7 の態様による加熱装置では、カンチレバーが振動手段により振動させられ、カンチレバーの振動状態の検出信号に基づいて前記カンチレバーの前記探針と前記試料表面との間に作用する原子間力が一定になるように移動手段が制御されつつ、探針が試料表面の所望の点に相対するか又は試料表面の所望の領域の各点を順次走査するように移動手段が制御される。また、試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、発熱駆動手段が制御される。したがって、原子間力顕微鏡における所定モードと同様の探針の移動制御が実現されつつ、試料表面の所望の点のみが加熱されるか又は試料表面の所望の領域の各点が順次加熱される。このため、試料表面の凹凸に追従して探針の振動の中心と試料表面との間隔を一定に保つことができるので、試料表面の凹凸にかかわらず試料表面の加熱量を一定にすることができる。また、走査型原子間力顕微鏡の所定モードと同様の探針の移動制御が実現されるので、前記第 8 の態様による加熱・形状計測装置のように、相対位置に関する情報を得ることによって、試料表面の加熱と同時に、加熱前に又は

加熱後に試料表面の凹凸の形状データを得ることが可能となり、試料表面の加熱箇所を決めたり、試料を観察したりする上で好ましい。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明によるカンチレバーホルダー、加熱装置及び加熱・形状計測装置について、図面を参照して説明する。

【0028】まず、本発明の一実施の形態によるカンチレバーホルダーについて、図1を参照して説明する。

【0029】図1は本発明の一実施の形態によるカンチレバーホルダーを示す図であり、図1(a)はカンチレバー1を保持した状態を示す概略斜視図、図1(b)はヒータ8の部分を示す平面図である。

【0030】カンチレバー1は、支持体1aと、支持体1aに一端が支持された可撓性プレート1bと、可撓性プレート1bの先端側領域に設けられた探針1cとを備えている。本実施の形態では、カンチレバー1として、走査型原子間力顕微鏡用のものがそのまま用いられ、いわゆるSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>レバー又はSiレバーとなっている。なお、カンチレバー1の材質としては、熱伝導率の高いものが好ましいが、熱伝導度が比較的低くても、試料表面の加熱温度範囲が低い場合や、後述するヒータ8の発熱量を上げたりすれば、格別の支障はない。

【0031】本実施の形態によるカンチレバーホルダーは、図1に示すように、金属製の板状の本体2と、本体2上に固定された支持台としてのアルミナからなる基板3と、基板3の上面との間にカンチレバー1の支持体1aを挟持する押さえ部材としての板ばね4と、を備えている。板ばね4の一端側部分は、本体2上に固定されたスペーサ部材5を介してねじ6にて本体2に固定されている。基板3は、カンチレバー1を保持したときに、カンチレバー1の探針1c及び本体2が試料（図示せず）に接触しないように例えば15度傾けてカンチレバー1を保持できるように、基板3の上面が傾斜面となるように加工してある。なお、取り扱いを容易にするため、本体2の側部には取手7が設けられている。

【0032】本実施の形態では、図1(b)に示すように、基板3の上面におけるカンチレバー1の保持部分の周辺部には、ヒータとして、幅の狭い（例えば、20μmの幅の）金のパターン8がヘアピン状に形成されている。金は体積抵抗率の低い材料であるが、その線幅を十分に狭くして単位長さ当たりの抵抗を大きくすることによって、ヒータとして使用できるものである。このパターン8の両端には、パターン8に連続して、電極として比較的面積の大きい金のパターン9a、9bが形成されている。これらの金のパターン8、9a、9bは、例えば、スクリーン印刷やリフトオフ法等により形成することができる。なお、パターン8のパターン形状は、図1

(b)に示す形状に限定されるものではない。電極パターン9a、9bには、それぞれワイヤボンディングによ

り、後述する発熱駆動回路に接続するための被覆付きの金線10a、10bが接続されている。

【0033】なお、前述したように、本実施の形態では、基板3がアルミナからなるが、基板3の材料は、例えば、マイカ、窒化アルミニウム、ムライト、ステアタイトなどの他の熱伝導率の高い材料であってもよい。また、本実施の形態ではヒータとして金のパターン8が用いられているが、ヒータとしては、例えば、アルミニウムなどの通常の配線パターンに用いられる材料からなる幅の狭いパターンであってもよい。また、ヒータの材料としては、クロメル、アルメル、ニクロム、タングステン、酸化タングステン、白金、酸化ルテニウムなどの体積抵抗率の高い材料であってもよい。この場合、必ずしもパターンの幅を狭くする必要はない。ヒータの形成方法は、スクリーン印刷法やリフトオフ法その他、スパッタ法、CVD法、蒸着法、塗布法などを採用してもよい。

【0034】本実施の形態によるカンチレバーホルダーによれば、カンチレバー1を新たに取り付けたり取り替えたりする場合には、ねじ6を緩め、ピンセット等でカンチレバー1の支持体1aをつまんで、支持体1aを板ばね4と基板3の上面との間に差し込み、ねじ6を締める。これにより、図1に示すように、カンチレバー1の支持体1aが板ばね4と基板3との間に挟持され、カンチレバー1が保持される。

【0035】そして、金線10a、10bを介してパターン8に電流を流すと、パターン8が発熱し、この熱が基板3、カンチレバー1の支持体1a、カンチレバー1の可撓性プレート1bを介して探針1cに伝導され、探針1cの先端部が加熱される。したがって、探針1cの先端部を試料表面に接触させるか又は微小間隔で近接させることによって、探針1cの先端部を介して試料表面を加熱することができる。このとき、探針1cの先端部は極めて先鋭に構成されているので、探針1cの先端部を介して試料表面の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することができる。そして、カンチレバー1は片持ち梁構造が採用されているので、後述するように可撓性プレート1cの撓みを巧みに利用することによって、探針1cの先端部を試料表面に接触させるか又は微小間隔で近接させることができるのである。また、本実施の形態によるカンチレバーホルダーは、走査型原子間力顕微鏡で採用されているカンチレバーをそのまま用いることもできるので、特別なカンチレバーを用意する必要がなく、コストの低減を図ることができる。

【0036】なお、本実施の形態では断熱材が設けられていないが、例えば、図1において、板ばね4の下面に断熱材を設けてもよい。この場合、パターン8で発生した熱が板ばね4には伝導しなくなり、その結果、パターン8で発生した熱が効率良くカンチレバー1の探針1cの先端部に伝導され、試料表面を効率良く加熱することができる。

【0037】次に、本発明の他の実施の形態によるカンチレバーホルダーについて、図2を参照して説明する。

【0038】図2は本実施の形態によるカンチレバーホルダーを示す図であり、図2(a)はカンチレバー1を保持した状態を示す概略斜視図、図2(b)は図2

(a)中のA-A線に沿った断面図、図2(c)はヒータ8の部分を示す平面図である。なお、図2において、図1中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複した説明は省略する。

【0039】本実施の形態では、本体2が図2に示すような形状を有しており、本体2の上面に形成された凹部の底面が例えば15度の傾斜面2aとされ、この傾斜面2aの部分が支持台に相当している。また、本実施の形態では、図1中の板ばね4の代わりに、傾斜面2aとの間にカンチレバー1の支持体1aを挟持する押さえ部材として、アルミナからなる押さえ板20が設けられている。押さえ板20の下面の一部(カンチレバー1の支持体1aを挟持しない部分)と傾斜面2aとの間には、カンチレバー1の支持体1aとほぼ同じ厚みを有する板状の断熱材21が設けられている。断熱材21は傾斜面2aに固定されている。押さえ板20は、断熱材21を介してねじ22にて本体2に固定されている。

【0040】そして、本実施の形態では、ヒータとしてのパターン8及び電極パターン9a、9bは、押さえ板20の上面に形成されている。これらのパターン8、9a、9bは、前述した実施の形態の場合と同様に形成することができる。なお、押さえ板20の材料として、図1中の基板3と同様に種々の材料を用いることができる。

【0041】本実施の形態によるカンチレバーホルダーによれば、カンチレバー1を新たに取り付けたり取り替えたりする場合には、ねじ22を緩め、ピンセット等でカンチレバー1の支持体1aをつまんで、支持体1aを押さえ板20と傾斜面2aとの間に差し込み、ねじ22を締める。これにより、図2に示すように、カンチレバー1の支持体1aが押さえ板20の下面と傾斜面2aとの間に挟持され、カンチレバー1が保持される。

【0042】そして、金線10a、10bを介してパターン8に電流を流すと、パターン8が発熱し、この熱が押さえ板20、カンチレバー1の支持体1a、カンチレバー1の可撓性プレート1bを介して探針1cに伝導され、探針1cの先端部が加熱される。したがって、本実施の形態によっても、前述した実施の形態と同様に、探針1cの先端部を介して試料表面の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することができる。本実施の形態によるカンチレバーホルダーも、走査型原子間力顕微鏡で採用されているカンチレバーをそのまま用いることもできるので、特別なカンチレバーを用意する必要がなく、コストの低減を図ることができる。

【0043】また、本実施の形態では、パターン8で発

生した熱が断熱材21によって傾斜面2aへ伝導し難くなり、その結果、パターン8で発生した熱が効率良くカンチレバー1の探針1cの先端部に伝導され、試料表面を効率良く加熱することができる。また、このように、傾斜面2aへの不要な熱伝導が断熱材21により軽減されるので、傾斜面2aの熱膨張等の熱変形が少なくなり、意図しない探針1cの動きを防止することができる。

【0044】次に、本発明の更に他の実施の形態によるカンチレバーホルダーについて、図3を参照して説明する。

【0045】図3は本実施の形態によるカンチレバーホルダーを示す図であり、図3(a)はカンチレバー1を保持した状態を示す概略斜視図、図3(b)は図3

(a)中のB-B線に沿った断面図、図3(c)はヒータ8の部分を示す平面図である。なお、図3において、図2中の要素と同一又は対応する要素には同一符号を付し、その重複した説明は省略する。

【0046】本実施の形態によるカンチレバーホルダーは、図2中の押さえ板20の代わりに、カンチレバー1の支持体1aに予め固定されたアルミナからなる支持板30を備えている。具体的には、本実施の形態では、支持板30の上面の一部がカンチレバー1の支持体の1aの下面の一部に、銀ペースト等の比較的熱導電率が高い接着剤で接着されている。支持板30の下面の全体と傾斜面2aとの間には、板状の断熱材31が設けられている。断熱材31は傾斜面2aに固定されている。押さえ板20は、断熱材31を介してねじ32にて本体2に固定されている。

【0047】そして、本実施の形態では、ヒータとしてのパターン8及び電極パターン9a、9bは、支持板30の上面に形成されている。これらのパターン8、9a、9bは、前述した実施の形態の場合と同様に形成することができる。なお、支持板30の材料として、図1中の基板3と同様に種々の材料を用いることができる。

【0048】本実施の形態によるカンチレバーホルダーによれば、カンチレバー1を新たに取り付けたり取り替えたりする場合には、予めカンチレバー1に固定した支持板30ごとに取り付けたり取り替えたりする。この際、ねじ32を一旦取り外し、ねじ32にて支持板30を、断熱材31を介して本体2に固定する。これにより、図3に示すように、カンチレバー1が保持される。本実施の形態では、予めカンチレバー1を支持板30の所定位置にプリマウントしておくことによって、カンチレバー1の本体2に対する位置決めが容易となってカンチレバー1の交換等を簡単に行うことができる。

【0049】そして、金線10a、10bを介してパターン8に電流を流すと、パターン8が発熱し、この熱が支持板30、カンチレバー1の支持体1a、カンチレバー1の可撓性プレート1bを介して探針1cに伝導さ



れ、探針 1c の先端部が加熱される。したがって、本実施の形態によっても、前述した各実施の形態と同様に、探針 1c の先端部を介して試料表面の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することができる。本実施の形態によるカンチレバーホルダーも、走査型原子間力顕微鏡で採用されているカンチレバーをそのまま用いることもできるので、特別なカンチレバーを用意する必要がなく、コストの低減を図ることができる。

【0050】また、本実施の形態では、パターン 8 で発生した熱が断熱材 31 によって傾斜面 2a へ伝導しなくなり、その結果、パターン 8 で発生した熱が効率良くカンチレバー 1 の探針 1c の先端部に伝導され、試料表面を効率良く加熱することができる。また、このように、傾斜面 2a への不要な熱伝導が断熱材 21 により阻止されるので、傾斜面 2a の熱膨張等の熱変形がなくなり、意図しない探針 1c の動きを防止することができる。

【0051】次に、以上説明した各カンチレバーホルダーを用いた本発明の一実施の形態による加熱・形状計測装置について、図 4 を参照して説明する。図 4 は、この加熱・形状計測装置を模式的に示す概略構成図である。

【0052】この加熱・形状計測装置は、前述したカンチレバー 1 と、カンチレバー 1 を保持する図 1 に示すカンチレバーホルダー（あるいは、図 2 又は図 3 に示すカンチレバーホルダー）40 と、該カンチレバーホルダー 40 を X、Y、Z 方向（X 方向は図 4 の紙面に対して垂直な方向、Y 方向は図 4 中の左右方向、Z 方向は図 4 中の上下方向とし、XY 平面が試料 41 の表面と略平行な面となっている。）に移動させるカンチレバー移動装置 42 と、該移動装置 42 を駆動する駆動回路 43 と、試料 41 を X、Y、Z 方向に粗動させる移動装置 44 と、該移動装置 44 を駆動する駆動回路 45 と、試料 41 を X、Y、Z 方向に微動させる移動装置 46 と、該移動装置 46 を駆動する駆動回路 47 と、カンチレバーホルダー 40 の電極パターン 9a、9b 及び金線 10a、10b を介してパターン（ヒータ）8 を通電して、カンチレバーホルダー 40 のパターン 8 を発熱駆動する発熱駆動回路 48 と、カンチレバー 1 の可撓性プレート 1b の撓みを検出する撓み検出部 49 と、駆動回路 43、45、47、48 を制御したり、撓み検出部 49 からの検出信号を取り込んで所定の演算を行ったりするコンピュータ等からなる演算・制御部 50 と、使用者が演算・制御部に指令等を与えるためのキーボードやマウス等の入力装置 51 と、得られた結果等を表示する CRT 等の表示装置 52 とを備えている。なお、移動装置 46 は、試料 41 の試料台も兼ねている。また、図 4 中、53 は基台である。

【0053】なお、本実施の形態では、撓み検出部 49 は、周知の光てこ法に従ってカンチレバー 1 の可撓性プレート 1b の撓みを検出するように構成されており、具体的には、例えば、可撓性プレート 1b にレーザ光を照

射する He-Ne レーザ等からなるレーザ光源と、可撓性プレート 1b で反射されたレーザ光を検出するための 2 分割フォトディテクタとで構成されている。もっとも、撓み検出部 49 の構成は、このような構成に限定されるものではなく、光てこ法によるものでなくてもよい。

【0054】以上説明したような加熱・形状計測装置の構成は、従来の走査型原子間力顕微鏡とほぼ同様であるが、カンチレバーホルダー 40 がヒータ 8 を有している点、発熱駆動回路 48 を有している点、演算・制御部 50 による後述する加熱制御の点などにおいて、従来の走査型原子間力顕微鏡と全く異なるものである。

【0055】次に、前記加熱・形状計測装置の動作の一例について、説明する。

【0056】前記加熱・形状計測装置の第 1 の加熱動作では、入力装置 51 を介して使用者から入力された所定の指令にตอบสนองして、演算・制御部 50 は、カンチレバー 1 が撓んで探針 1c が試料 41 の表面に押し付けられた状態において、試料 41 の表面の所望の点のみが加熱されるか又は試料 41 の表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、駆動回路 43、45、47、48 を制御する。

【0057】具体的には、試料 41 の所望の点のみを加熱する場合には、例えば、駆動回路 45、47 を介して移動装置 44、46 を作動させることによって、探針 1c の先端部が試料 41 の表面の所望の点に対応する X、Y 方向の位置に到達するまで試料 41 を X、Y 方向に移動させ、その後試料 41 を Z 方向に移動させ、カンチレバー 1 が撓んで探針 1c の先端部が試料 41 の表面に押し付けられた状態にする。また、その後に駆動回路 48 を介してカンチレバーホルダー 40 のヒータ 8 を発熱させるか、あるいは、予めヒータ 8 を発熱させておく。

【0058】また、試料 41 の所望の領域を加熱する場合には、例えば、駆動回路 45、47 を介して移動装置 25、27 を作動させることによって、探針 1c の先端部が試料 41 の表面の所望の領域に対応する X、Y 方向の位置に到達するまで試料 41 を X、Y 方向に移動させ、その後試料 41 を Z 方向に移動させ、カンチレバー 1 が撓んで探針 1c の先端部が試料 41 の表面に押し付けられた状態にする。その後、試料 41 の Z 方向の位置を保ったまま、駆動回路 45、47 を介して移動装置 44、46 を作動させることによって、探針 1c の先端部が試料 41 の表面の所望の領域を走査するように試料 41 を X、Y 方向に移動させる。その走査中に、駆動回路 48 を介してカンチレバーホルダー 40 のヒータ 8 を発熱させる。

【0059】以上説明した第 1 の加熱動作では、カンチレバー 1 の撓みによって探針 1c が試料 41 の表面へ押し付けられるので、探針 1c が確実に試料 41 の表面に接触し、探針 1c の先端部から試料 41 の表面への熱伝



導が有効に行われる。また、試料41の表面の所望の領域を加熱するべく探針1cを試料41の表面に対して走査した場合にも、カンチレバー1の撓みによって探針1cが試料41の表面の凹凸に追従するので、探針1cが確実に試料41の表面に接触し、探針1cの先端部から試料41の表面への熱伝導が有効に行われる。

【0060】なお、前記第1の加熱動作では、必ずしもカンチレバー1の撓みを検出する必要がないので、第1の加熱動作のみを行う場合には、撓み検出部49を取り除いてもよい。

【0061】前記加熱・形状計測装置の第2の加熱動作では、入力装置51を介して使用者から入力された所定の指令に応答して、演算・制御部50は、撓み検出部49からの検出信号に基づいてカンチレバー1の撓みが一定になるように試料41のZ方向の位置を駆動回路45、47及び移動装置44、46を介して制御しつつ、探針1cが試料41の表面の所望の点に相対するか又は試料41の表面の所望の領域の各点を順次走査するように、試料41のX、Y方向の位置を駆動回路45、47及び移動装置44、46を介して制御し、かつ、試料41の表面の所望の点のみが加熱されるか又は前記試料表面の所望の領域の各点が順次加熱されるように、発熱駆動回路48を制御する。

【0062】具体的には、第2の加熱動作では、まず、移動装置42を用いてカンチレバー1の位置調整を行う。この位置調整とは、撓み検出部49を構成するレーザ光源からのレーザ光をカンチレバー1の所定の位置に照射し、カンチレバー1で反射した反射光を2分割フォトディテクタの所定の位置に入射するように、カンチレバー1の位置を調整することを言う。次に、駆動回路45、47を介して移動装置44、46を作動させることによって、探針1cの先端部が試料41の表面の所望の点又は所望の領域に対応するX、Y方向の位置に到達するまで試料41をX、Y方向に移動させる。その後、移動装置44、46を用いて、カンチレバー1の探針1cと試料41が接触するまで試料41をZ方向に移動させる。このとき、カンチレバー1の探針1cと試料41との接触は、カンチレバー1の撓みを撓み検出部49で検出することにより達成することができる。試料41の表面の所望の点のみを加熱する場合には、この接触状態において、駆動回路48を介してカンチレバー1のヒータ8を発熱させ、その加熱を終了する。一方、試料41の表面の所望の領域を加熱する場合には、試料41と探針1cとの接触が達成された後に、移動装置46を用いて、撓み検出部49で計測したカンチレバー1の撓みを一定に保つように試料41をZ方向に上下させながら、探針1cの先端部が試料41の表面の所望の領域を走査するように試料41をX、Y方向に移動させる。その走査中に、駆動回路48を介してカンチレバー1のヒータ8を発熱させる。

【0063】以上説明した第2の加熱動作では、原子間力顕微鏡におけるいわゆるコンタクトモードと同様の探針1cの移動制御が実現されつつ、試料41の表面の所望の点のみが加熱されるか又は試料41の表面の所望の領域の各点が順次加熱されることになる。このため、試料41の表面の凹凸に追従して探針1cと試料41の表面との接触状態を一定に保つことができるので、試料41の表面の凹凸にかかわらず試料41の表面の加熱量を一定にすることができる。

10 【0064】なお、例えば、探針1cによりいわゆるラスタースキャンを行う場合に、その走査順序に従ってパルス状にヒータ8を発熱させると、試料41の表面の任意の形状の領域を加熱することができる。

【0065】前記加熱・形状計測装置の形状測定動作では、入力装置51を介して使用者から入力された所定の指令に応答して、演算・制御部50は、前述した第2の加熱動作の場合と同様に、撓み検出部49からの検出信号に基づいてカンチレバー1の撓みが一定になるように試料41のZ方向の位置を駆動回路45、47及び移動装置44、46を介して制御しつつ、探針1cが試料41の表面の所望の領域の各点を順次走査するように、試料41のX、Y方向の位置を駆動回路45、47及び移動装置44、46を介して制御し、かつ、X、Y方向における探針1cの試料41表面に対する相対位置に関する情報、すなわち、試料41の表面の形状データを得る。

【0066】この形状測定動作は、従来の走査型原子間力顕微鏡におけるコンタクトモードの動作と同一である。

30 【0067】なお、本実施の形態では、移動装置の位置制御をオープンループ制御により行っているため、演算・制御部50から出力される移動装置42、44、46への制御信号が移動装置42、44、46の位置情報に相当する。このため、演算・制御部50はこの制御信号に基づき試料41の表面の形状データを、内部のメモリに記憶する。移動装置42、44、46の位置制御をフィードバック制御により行う場合には、例えば、移動装置42、44、46に位置検出器を設けておけばよい。

40 【0068】そして、本実施の形態では、演算・制御部50は、前記形状データを処理して試料41の表面の凹凸画像を、表示装置に表示させる。

【0069】なお、探針1cの走査自体は前記第2の加熱動作も前記形状測定動作も共通するので、これらの動作を同時に行うこともできる。

【0070】前記加熱・形状計測装置では、以上説明した各動作を行うので、次のような使用も可能となる。

50 【0071】すなわち、前記第2の加熱動作と前記第3の形状測定動作を同時に行うことにより、試料41の表面の形状データの取得と試料41の表面の全面的又は局所的な加熱とを同時に行うことができる。

【0072】また、前記形状測定動作により加熱前の試料41の表面の形状データを取得し、この形状データに基づいて加熱箇所を決め、その後に前記第2の加熱動作によりその箇所を局所的に加熱することができる。すなわち、前記形状測定動作で試料41の凹凸等の観察の結果、特異点もしくは任意の位置で熱的反応を起こさせたいような場合は、前記第2の加熱動作によりその位置を局所的に加熱することが可能である。この場合、例えば、表示装置52に表示された加熱前の試料41の表面の凹凸画像に対して、入力装置51としてのマウス等で

当該画像の一部を指摘することにより、その箇所が前記第2の加熱動作により自動的に加熱されるような、ユーザーインターフェースを構築しておくことが、好ましい。

【0073】さらに、前記形状測定動作により加熱前の試料41の表面の形状データを取得し、前記第2の加熱動作により試料41の表面を全面的又は局所的に加熱し、その後再び前記形状測定動作により加熱後の試料41の表面の形状データを取得することによって、加熱前後の試料41の表面の凹凸変化を観察することもできる。

【0074】以上説明した実施の形態の加熱・形状計測装置における前記第2の加熱動作及び前記形状計測動作は、走査型原子間力顕微鏡におけるコンタクトモードによるものである。

【0075】しかし、前述した加熱・形状計測装置を以下のように変形することによって、走査型原子間力顕微鏡における他の所定モードによる加熱動作及び形状計測動作を実現することができる。

【0076】すなわち、図4において、カンチレバー1を振動させる振動部と、カンチレバー1の振動状態を検出する振動検出部と、を追加する。

【0077】前記振動部としては、例えば、カンチレバー1の可撓性プレート1bの部分に設けたピエゾ素子（図示せず）や、カンチレバーホルダー40とカンチレバー移動装置42との間に介在させたピエゾ素子（図示せず）など、を採用することができる。このピエゾ素子に交流電圧を印加することによって、カンチレバー1が振動する。このときピエゾ素子に印加する交流電圧の周波数は、カンチレバー1の固有周波数とわずかに異なる周波数となるようにしておくことが、好ましい。

【0078】前記振動検出部としては、前記撓み検出部49がレーザ光源及び2分割フォトディテクタとで構成されているので、これをそのまま用いることができる。もっとも、前記振動検出部として、例えば、カンチレバー1の可撓性プレート1bの部分に設けたピエゾ抵抗を採用することもでき、このピエゾ抵抗の抵抗変化から振動状態を検出することができる。

【0079】そして、探針1cと試料41の表面との間に作用する原子間力は試料41の表面と探針1cとの間

の距離に応じて変化し、前記原子間力に応じてカンチレバー1の共振周波数がシフトし、前記原子間力が変化すると前記振動検出部からの検出信号が変化する。したがって、前記振動検出部からの検出信号に基づいて、前記原子間力が一定になるように、試料41とカンチレバー1との間の距離を相対的に上下方向に移動させる。このようにすると、試料41とカンチレバー1の振動の中心との間の距離は一定になるため、試料41の表面の凹凸にかかわらず試料表面の加熱量を一定にすることができるとともに、試料41の表面の形状データを得ることができる。

【0080】このようにして前述した加熱・形状計測装置を、このようなモードによる加熱動作及び形状計測動作を行うように変形しても、実質的に前述した加熱・形状計測装置と同様である。

【0081】以上、本発明の種々の実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではない。

【0082】

【発明の効果】本発明によれば、試料の原子、分子オーダーの微小領域を局所的に加熱することが可能になる。

【0083】したがって、本発明によれば、以下のような具体的な応用の効果が得られる。

【0084】生体試料の生きた環境での正常な機能を果たすのは、30℃～40℃である。生物の研究は、現在分子レベルまでの解明が行われている。本発明によれば、分子レベルの分解能で30℃～40℃の範囲で加熱し、生物の活性状態を微細に観察することが可能である。

【0085】また、タンパクの活性を調整したり変性にも温度が重要な要因である。したがって、本発明によれば、分子量の大きなタンパクが局所的に加熱することにより、分子レベルで結合状態を調べることができる。

【0086】さらに、有機物質では、温度で結合状態が変化する。したがって、分子量の大きな有機物質が局所的に加熱できることは、分子鎖の結合状態を分子レベルで変化させることができることになる。このため、本発明は、ナノメーターオーダーのリソグラフィにも応用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態によるカンチレバーホルダーを示す図であり、図1(a)はカンチレバーを保持した状態を示す概略斜視図、図1(b)はヒータの部分を示す平面図である。

【図2】本発明の他の実施の形態によるカンチレバーホルダーを示す図であり、図2(a)はカンチレバーを保持した状態を示す概略斜視図、図2(b)は図2(a)中のA-A線に沿った断面図、図2(c)はヒータの部分を示す平面図である。

【図3】本発明の更に他の実施の形態によるカンチレバ

一ホルダーを示す図であり、図 3 (a) はカンチレバーを保持した状態を示す概略斜視図、図 3 (b) は図 3 (a) 中の B-B 線に沿った断面図、図 3 (c) はヒータの部分を示す平面図である。

【図 4】本発明の一実施の形態による加熱・形状計測装置を模式的に示す概略構成図である。

【符号の説明】

1 カンチレバー

1 c 探針

2 本体

2 a 傾斜面

3 基板

4 板ばね (押さえ部材)

6, 22, 32 ねじ

\* 8 パターン (ヒータ)

9 a, 9 b 電極パターン

20 押さえ板 (押さえ部材)

21, 31 断熱材

30 支持板

40 カンチレバーホルダー

42, 44, 46 移動装置

43, 45, 47 駆動回路

48 発熱駆動回路

10 49 撓み検出部

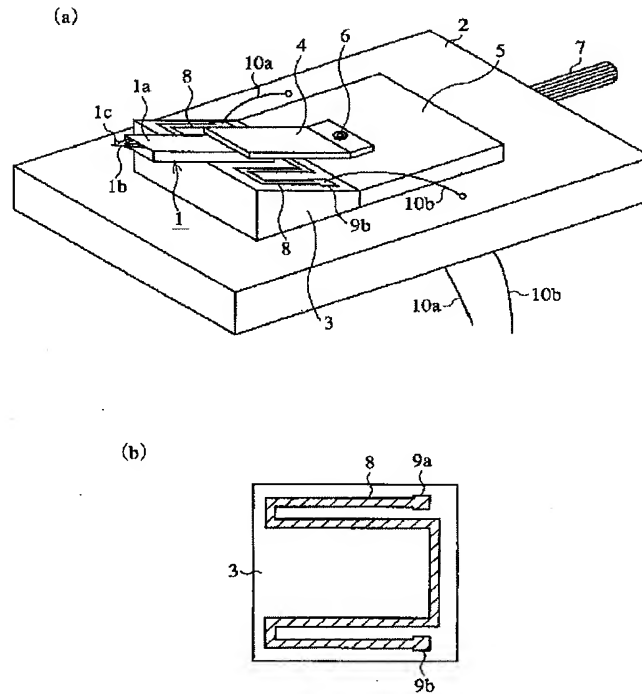
50 演算・制御部

51 入力装置

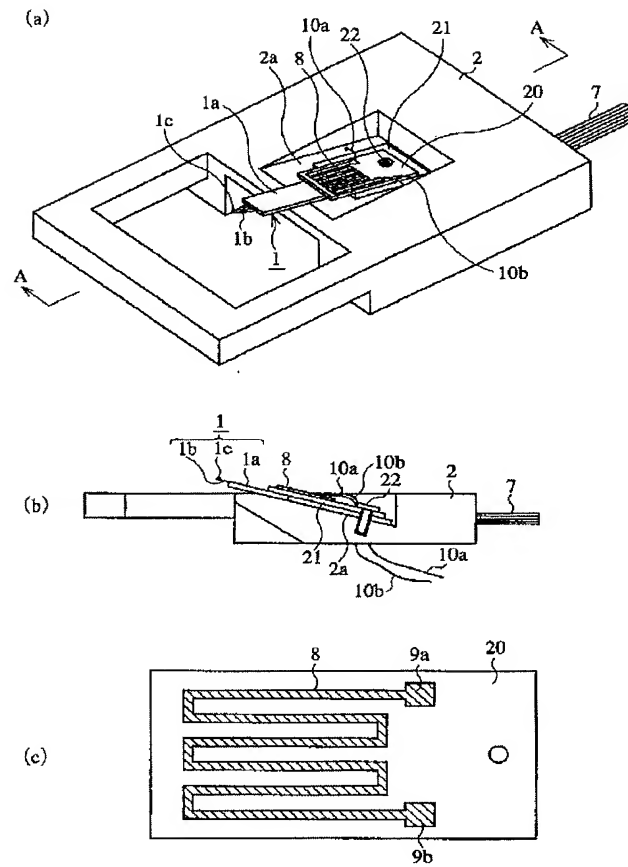
52 表示装置

\*

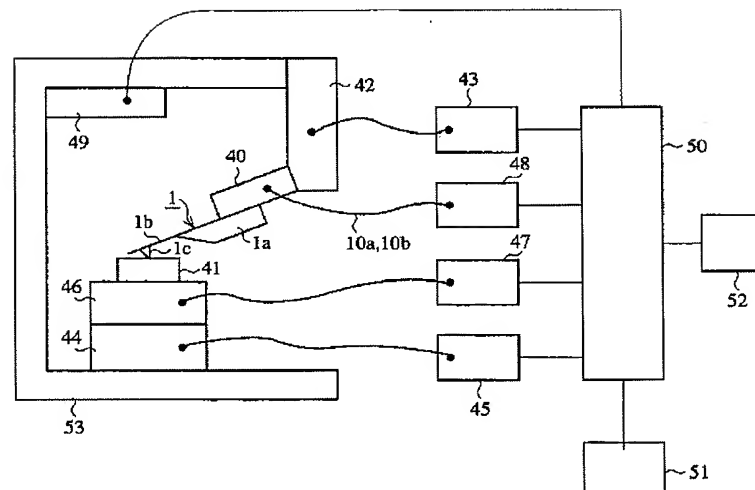
【図 1】



【図 2】



【図 4】



【図 3】

